

Kreuzbarkeit des invasiven *Geranium purpureum* mit dem einheimischen *Geranium robertianum* (Geraniaceae)

Matthias Baltisberger · Jutta Waser-Walter

Published online: 11 August 2009
Manuskript angenommen am 9. Dezember 2008

In den letzten Jahrzehnten haben in vielen Regionen der Welt gebietsfremde Arten stark zugenommen. Die Gründe dafür sind sehr unterschiedlich, je nach eingewanderter Art und neu besiedeltem Gebiet. Es ist aber auffällig, dass es sich bei einigen Neueinwanderern in Mitteleuropa um wärmeliebende Arten handelt. Vermutlich hängt die Ausbreitung solcher Arten mit der Klimaerwärmung zusammen.

Der Purpur-Storchenschnabel, *Geranium purpureum* (Geraniaceae), ist eine solche wärmeliebende Art. Die im Mittelmeergebiet ursprüngliche Art besiedelt trockene, flachgründige Böden. Nördlich der Alpen trat sie lange fast ausschliesslich in Bahnhöfen auf Bahnschotter auf, einem ihr offensichtlich zusagenden Standort. Hier erwiesen sich zwei ihrer Eigenschaften als besonders vorteilhaft: Zum einen blüht die winterannuelle Art früh im Frühling. Wenn im Sommer als Pflegemassnahme die Geleise mit Pestiziden behandelt werden, sind die Pflanzen bereits verdorrt; hingegen überleben die bereits weggeschleuderten Früchte diese Behandlung und keimen dann im Herbst. Zum anderen weisen die Früchte klebrige Streifen auf, so dass sie beim Wegschleudern auch an glatten Flächen haften, z.B. an Bahnwagen, mit denen sie dann auch grössere Distanzen in sehr kurzer Zeit überwinden können.

Der Erstfund von *Geranium purpureum* für das schweizerische Mittelland ist mit einem Herbarbeleg von 1921 vom Güterbahnhof Zürich nachgewiesen. Anfang der 1980er-Jahre waren in der Schweiz nördlich der Alpen immer noch nur wenige vereinzelte Fundorte bekannt, in den 1990er-Jahren breitete sich die Art dann aber rasant aus.

Heute ist sie praktisch auf allen Bahnarealen im Mittelland vorhanden, nicht nur in der Schweiz, sondern auch in Süddeutschland und in Österreich. Möglicherweise ist die rasche Ausbreitung bereits etwas früher erfolgt, wurde die Art doch anfangs häufig wegen der sehr ähnlichen, an diesem Standort oft auch massenhaft auftretenden einheimischen Ruprechtskraut (*Geranium robertianum* L.) übersehen.

Wir untersuchten die Verbreitung von *Geranium purpureum* im Herbst 1997 mittels Literaturangaben, Herbarien, der Befragung von Fachpersonen sowie eigenen Exkursionen: Da *G. purpureum* fast ausschliesslich auf Bahnschotter wuchs und sich auf diesem Biotop stark ausbreiten konnte, entsprach die damals erstellte Verbreitungskarte einer Karte der Hauptlinien der SBB im schweizerischen Mittelland. Dieser Befund ist jedoch aufgrund der weiteren Ausbreitung von *G. purpureum* längst überholt. Zumindest auf dem Gebiet der Stadt Zürich kommt die Art mittlerweile praktisch in allen Kartierungsflächen mit Bahnschotter vor. Seit 1998 tritt sie (zumindest in der Region Zürich) vereinzelt auch an anderen Standorten auf, z.B. in Rabatten und an Autobahnböschungen.¹

Geranium purpureum unterscheidet sich morphologisch vom sehr ähnlichen *G. robertianum* durch die kleineren, dunkler gefärbten Kronblätter, welche den Kelch nur wenig überragen, und durch die gelben (bei *G. robertianum* orangeroten) Staubbeutel. Die beiden Arten unterscheiden sich auch in ihrer Chromosomenzahl, *G. purpureum* hat $2n = 32$ Chromosomen, *G. robertianum* hingegen $2n = 64$. Die sehr kleinen Chromosomen erreichen kaum eine Länge von $1 \mu\text{m}$ (Fig. 1).

Invasive Arten können direkt (z.B. Konkurrenzvorteil durch Krankheitsresistenz, Verdrängen von einheimischen

M. Baltisberger (✉) · J. Waser-Walter
Ökologische Pflanzengenetik, Institut für Integrative Biologie,
ETH Zürich, Universitätstrasse 16, 8092 Zurich, Switzerland
e-mail: balti@ethz.ch

¹ Landolt E (2001) Flora der Stadt Zürich. Birkhäuser Verlag, Basel.

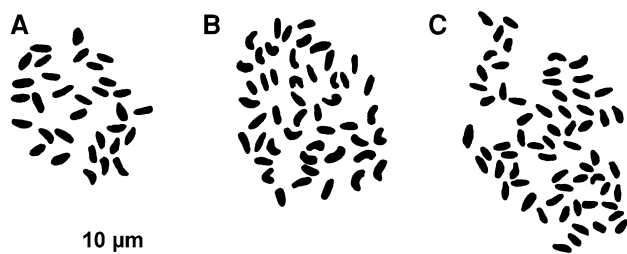


Fig. 1 Somatische Metaphasen. (a) *Geranium purpureum* ($2n = 32$), (b) experimentell hergestellter Bastard *Geranium purpureum* \times *Geranium robertianum* ($2n = 48$), (c) *Geranium robertianum* ($2n = 64$)

Arten) oder indirekt (z.B. genetische Introgression durch Hybridisierungen) Auswirkungen auf die einheimische Flora haben.² Dies ist bei gefährdeten Arten der Roten Liste besonders dramatisch, aber auch bei nicht bedrohten einheimischen Arten beunruhigend. Auch *Geranium purpureum* kann mit dem einheimischen, aber weitverbreiteten und nicht gefährdeten *G. robertianum* bastardieren; über die Bedeutung dieses Vorgangs ist jedoch wenig bekannt. Kreuzungsexperimente zwischen den beiden Arten waren unterschiedlich erfolgreich. Die experimentellen Bastarde waren morphologisch kaum von *G. robertianum* zu unterscheiden und zeigten reduzierte Vitalität und Fertilität. In sympatrischen Populationen der beiden Arten wurden keine Anzeichen für natürliche Hybridisierungen festgestellt.³

Zur Ergänzung dieser Befunde führten wir experimentelle Kreuzungen durch. Dazu wurden im April 1997 an drei verschiedenen Bahnhöfen (Baden, AG; Wallisellen, ZH; Zürich-Altstetten, ZH), wo beide Arten miteinander vorkommen, lebende Pflanzen beider Arten gesammelt und im Gewächshaus an unserem Institut kultiviert. Zur Kontrolle der Bestimmung wurden an je einer Pflanze pro Art und Herkunft die Chromosomen gezählt (Fig. 1). Herbarbelege aller Arten und Herkunft sowie Belege der experimentell hergestellten Hybriden sind im Herbar der ETH und der Universität Zürich (Z/ZT) deponiert. Für die experimentellen Kreuzungen im Gewächshaus wurden noch geschlossene Blütenknospen in Gazetüten eingepackt. Gleich nachdem sich die Blüten geöffnet hatten, wurden sie mit artfremdem Pollen bestäubt. Die Knospen wurden nicht kastriert, Selbstbestäubung wurde deshalb nicht ausgeschlossen. Die Interpretation der Nachkommen erfolgte über Chromosomenzählungen.

Es wurden neun Blüten von *Geranium purpureum* mit Pollen von *G. robertianum* bestäubt. In diesen Blüten

entwickelten sich 32 gut aussehende Teilfrüchte, dies entspricht 71% der maximal 45 zu erwartenden Teilfrüchte. Alle Teilfrüchte wurden ausgesät, 15 davon keimten. Neun der sich entwickelnden Pflanzen konnten zytologisch untersucht werden. Zwei Individuen wiesen $2n = 32$ Chromosomen auf, dies waren demnach reine *G. purpureum*-Pflanzen, die wohl auf Selbstbestäubung zurückzuführen sind. Die anderen sieben Pflanzen zeigten die intermediäre Chromosomenzahl $2n = 48$ (Fig. 1) und sind deshalb als Hybriden anzusehen.

Bei *Geranium robertianum* wurden vier Blüten mit Pollen von *G. purpureum* bestäubt. Es entwickelten sich 15 der maximal 20 Teilfrüchte (75%). Neun Teilfrüchte keimten, bei fünf der sich entwickelnden Pflanzen wurden die Chromosomen gezählt. Alle Pflanzen wiesen $2n = 64$ Chromosomen auf. Wahrscheinlich sind alle fünf Pflanzen reine, auf Selbstbestäubung zurückzuführende *G. robertianum*. In der Literatur werden keine Abnormitäten in der Meiose von *G. purpureum* mitgeteilt, deshalb ist es unwahrscheinlich, dass unreduzierter Pollen von *G. purpureum* (mit 32 Chromosomen) beteiligt ist und diese Pflanzen dennoch hybridogen entstanden sind.

Es ist interessant, dass Hybriden nur gebildet wurden, wenn in der experimentellen Kreuzung *Geranium purpureum* die Mutter war. In den Kreuzungen mit *G. robertianum* als Mutter konnten keine Hybriden erhalten werden. Der Grund für dieses Phänomen ist unbekannt, mehrere Möglichkeiten sind denkbar: Das tetraploide *G. robertianum* könnte sich häufiger und/oder erfolgreicher selbst bestäuben; der diploide Pollen von *G. robertianum* könnte konkurrenzkräftiger sein als der haploide Pollen von *G. purpureum*; die Kompatibilität mit artfremdem Pollen könnte geschlechtsspezifische Unterschiede zeigen.

Die Vitalität der Bastarde zwischen *Geranium purpureum* und *G. robertianum* war stark reduziert. Bastarde sind deshalb unter natürlichen Bedingungen kaum lebensfähig und deshalb nicht zu erwarten. Wenn dennoch Bastarde gebildet werden, werden sie sich wegen der stark reduzierten Fertilität kaum reproduzieren können. Es scheint deshalb, dass *G. robertianum* durch das invasive *G. purpureum* in seiner genetischen Integrität nicht gefährdet ist. Zudem kommt *G. robertianum* sehr häufig in Wäldern vor, wo *G. purpureum* nicht anzutreffen ist; da dort keine Vermischung der beiden Arten stattfinden kann, würde *G. robertianum* dort eine genetische Introgressionswelle des invasiven *G. purpureum* unbeeinflusst überdauern.

² Bleeker W, Schmitz U, Ristow M (2007) Interspecific hybridisation between alien and native plant species in Germany and its consequences for native biodiversity. *Biol Cons* 137:248–253.

³ Widler-Kiefer H, Yeo PF (1987) Fertility relationships of *Geranium* (Geraniaceae): sect. *Ruberta*, *Anemonifolia*, *Lucida* and *Unguiculata*. *Plant Syst Evol* 155:283–306.

BUCHBESPRECHUNGEN

Zur Flora der Sedimentzonen der Val Tasna und ihrer Umgebung (Ardez und Ftan, Engiadina Bassa/Unterengadin, Kanton Graubünden). Romedi Reinalter

Europäisches Tourismus Institut an der Academia Engiadina, Samedan, 2007, ISBN 978-3-905382-02-0; 352 S, Bestellung: <http://www.academia-engiadina.ch/>. Preis: 78 CHF

Matthias Baltisberger, Zürich

Mit diesem Werk erscheint nach dem beeindruckenden Buch "Zur Flora der Sedimentgebiete im Umkreis der Südrätischen Alpen, Livignasco, Bormiese und Engiadina'Ota" (2004) bereits ein zweites Buch von Romedi Reinalter mit ähnlichem Inhalt, aber über ein anderes (benachbartes) Gebiet. Auch das neue Buch enthält eine Unmenge an floristischen und vegetationskundlichen Einzeldaten, die als Basisinformationen für verschiedene Fragestellungen dienen können (z.B. Anpassungen von Pflanzen und Vegetationen an Klimaveränderungen, Fundortsangaben von Pflanzen für experimentelle Untersuchungen). Zu Beginn des Buches werden verschiedene allgemeine Themen behandelt und der Bezug zum untersuchten Gebiet hergestellt (z.B. Geographie, Geschichte, Geologie, Klima und Wetter des Gebietes, Geschichtliches zur botanischen Erforschung). Die Themen werden mit zahlreichen, vom Verfasser selber aufgenommenen Bildern illustriert. Um all diese Abbildungen und auch die Informationen im Text geographisch zu lokalisieren, fehlt leider eine genügend ausführliche Karte, da die Karten im Buch zu wenig Angaben enthalten. Wie im ersten Buch von Romedi Reinalter wurden auch hier (trotz eines anderen Verlages) die Abbildungen schwarzweiss abgedruckt, nicht nur die Fotos im allgemeinen Teil, sondern auch die Pflanzenabbildungen im Florenkatalog. Das wurde wohl aus ökonomischen Gründen so entschieden, trotzdem ist dies schade, denn damit geht Schönheit und bei gewissen Bildern auch Informationsgehalt verloren.

Der Florenkatalog als Hauptteil des Buches umfasst fast 200 Seiten. Er enthält die 1058 von Romedi Reinalter im Gebiet gefundenen Arten. Bei jeder Art gibt der Autor eine genaue ökologische Umschreibung der im Gebiet von dieser Art besiedelten Standorte. Dann folgen die Fundortsangaben. Für das Verstehen dieser Angaben braucht es eine gewisse Eingewöhnung, da oft auftretende Begriffe (insbesondere geographische und Personen-Namen) abgekürzt wiedergegeben werden, dies wohl, um Raum im

Buch einzusparen. Bei jeder Art werden die höchsten Vorkommen im Gebiet speziell hervorgehoben. Selbstverständlich fehlt eine Liste der Neufunde nicht. Interessanterweise ist diese Liste etwa gleich lang wie jene der "Vermissten", also jener Arten, die in früheren Florenwerken für das Gebiet angegeben werden, von Romedi Reinalter jedoch nicht gefunden wurden. Ein weiterer wichtiger und umfassender Teil des Buches (gegen 90 Seiten) enthält Vegetationstabellen. Bei seinen Vegetationsaufnahmen stellte Romedi Reinalter spezielle oder seltene Arten ins Zentrum, damit deren soziologisches Verhalten genauer erfasst und das Wissen darüber vermehrt wurde. Am Schluss des Vegetationsteils folgt eine besonders interessante Tabelle mit 50 Arten, die an Standorten gefunden wurden, welche nicht den Angaben früherer Werke entsprechen. So hat Romedi Reinalter z.B. *Oxyria digyna* auch auf Kalk sowie *Campanula cochleariifolia*, *Erica carnea* und *Trisetum distichophyllum* auch auf Silikat gefunden. In einem eigenen kleinen Kapitel geht Romedi Reinalter auf die höchsten Fundorte seines Florenkataloges und auf einen Vergleich mit früheren Daten ein. Um dies fundiert machen zu können, hat er auf seinen Exkursionen gezielt hohe Fundorte besucht und genau untersucht. 236 Arten (also etwa 22% der im Gebiet vorkommenden Arten) steigen mehr als 100 m höher als früher. Ob es sich dabei um einen Effekt der Klimaerwärmung oder aber einfach um genaueres und gezielteres Suchen des Autors handelt, bleibt offen.

Obwohl Romedi Reinalter kein studierter Botaniker ist, weiss er über Pflanzen, Vegetationen und Ökologie enorm viel. All dieses Wissen hat er sich selber angeeignet. Die botanische Tätigkeit ist für ihn offensichtlich mehr Vergnügen und Entspannung denn Arbeit. Auf mehr als 400 Exkursionen hat er das Gebiet intensiv untersucht und ein Inventar der hier vorkommenden Pflanzenarten erstellt. Wie früher schon hat er nicht nur die Namen der Pflanzen notiert und dabei für das Gebiet einige Neufunde und seltene Arten entdeckt. Er hat auch rund 3500 Vegetationsaufnahmen getätigt, weit über 900 davon sind in den fast 60 Tabellen in seinem Buch veröffentlicht. Dass hier nicht ein Profibotaniker am Werk war, kann man höchstens aus der manchmal etwas eigenwilligen Wortwahl und ungewohnten Satzstellungen errahnen. Die wissenschaftliche Qualität hingegen ist hervorragend, auch vereinzelte Unstimmigkeiten können den Wert nicht schmälern (z.B. wird einmal von 404, an anderer Stelle von 410 durchgeführten Exkursionen gesprochen). Mit seinen unzähligen Detailangaben an Fundorten, die mit der floristischen Literatur des Gebietes verglichen wurden, und den Tabellen der Vegetationsaufnahmen mit bis jetzt unveröffentlichten Daten ist das Buch vom Informationsgehalt her sehr wertvoll. Es ist deshalb hervorragend geeignet sowohl für Botaniker wie auch für weitere

interessierte Leserkreise—also ein empfehlenswertes Buch.

Die Alpenpflanzen des Tössberglandes einhundert Jahre nach Gustav Hegi. Spillmann, J.H, Holderegger, R.

**Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien,
Haupt, 2008. ISBN 978-3-258-07399-6; 220 S., 5
Tabellen, 77 Abbildungen und Fotos; Anhang mit
Liste der untersuchten Arten und deren Fundorten,
Verbreitungskarten, Kommentare zu den
untersuchten Arten und Bemerkungen zu
Neufunden und weiteren Arten. Bestellung: [http://
www.haupt.ch](http://www.haupt.ch). Preis: CHF 36.–**

Kirsten Edelkraut, Brütten

Die Flora des Tössberglandes wurde erstmals systematisch vor gut 100 Jahren durch Gustav Hegi (1902) und Heinrich Kägi (1912, 1920) erfasst. Besondere Beachtung fand dabei eine Gruppe von Pflanzen, die sie als « Alpenpflanzen » oder « glaziale Reliktpflanzen » bezeichneten. Bis zu diesen Arbeiten machten namhafte Botaniker wie Albert Köl liker offensichtlich einen Bogen um das Gebiet zwischen Tweralp spitz im Südosten und Hörnli im Nordwesten, auch fehlen neuere umfassende Werke über seine Flora. Wie diese Gruppe von Pflanzen hierher kam, wird seit Hegi diskutiert, wobei bis heute keine der Erklärungen wirklich befriedigend ist. Das Tössbergland erfuhr jedoch besonders in den vergangenen 100 Jahren tiefgreifende Veränderungen in der Landnutzung und Eingriffe in die natürliche Landschaftsdynamik, so dass Auswirkungen auf die Flora zu erwarten sind. In den Jahren 2002–2004 untersuchten die Autoren des vorliegenden Buches die Fundmeldungen von 100 Arten, die Hegi und/oder Kägi als Alpen- bzw. glaziale Reliktpflanzen charakterisiert hatten.

Das vorliegende Buch ist in 4 Teile gegliedert. Der erste Teil widmet sich historischen Aspekten, die für die Entwicklung der Flora von Bedeutung sind. Dabei wird auf die geologische Entstehung des Gebiets seit dem mittleren Tertiär und dessen geomorphologischer Formung vor und seit den Eiszeiten bis heute eingegangen. Ein weiterer wichtiger Faktor bezüglich der Vegetation ist die Form und Intensität der Eingriffe durch den Menschen. Um diesen Einfluss auf die Entwicklung der Flora im Tössbergland aufzuzeigen, wird dessen Besiedlungsgeschichte dargestellt: Diese legt aufgrund regionaler Unterschiede eine Aufteilung in 4 Teilgebiete nahe: Chrüzegg-Tweralp-Gruppe, Schnebelhorn-Gruppe, Scheidegg-Schwarzenberg-

Gruppe und Bachtel-Allmen-Gruppe. Je nach vorherrschender Nutzungsform (Waldwirtschaft, Viehwirtschaft oder Ackerbau) entstanden andere Lebensräume für Pflanzen. Diese Einteilung in 4 Teilgebiete wird auch bei der Auswertung der Felddaten und für den Florenvergleich beibehalten.

Ein weiterer Abschnitt im ersten Teil des Buches ist den Botanikern gewidmet, welche die ersten botanischen Arbeiten zum Tössbergland vorgelegt haben und auf deren Fundmeldungen die hier vorliegende Untersuchung basiert.

Der zweite Teil des Buches behandelt die Veränderung der Vorkommen von Alpenpflanzen im Untersuchungsgebiet während der letzten 100 Jahre. Für 100 Pflanzenarten wurden die Vorkommen zwischen 2002 und 2004 im Feld erhoben und mit den früheren Funden verglichen. Daraus werden für jede Art Angaben zu ihrer gegenwärtigen Häufigkeit gemacht und die Veränderung ihres Vorkommens seit 1902 in jedem der vier Teilgebiete berechnet. Von den 100 untersuchten Arten werden 16 Arten als ausgestorben bezeichnet und 42% der früheren Fundorte wurden nicht mehr bestätigt. Allerdings konnten auch einige wenige neue Arten und neue Fundorte verzeichnet werden. Generell sind lichtliebende Arten (v.a. im Wald) und Arten der subalpinen und alpinen Stufe, sowie Arten der mageren und/oder nassen Standorte besonders stark vom Rückgang betroffen. Dafür werden v.a. eine Verdunkelung der Wälder, die Intensivierung der Grünlandnutzung und das Fehlen natürlicher Landschaftsdynamik verantwortlich gemacht. Zudem wurde beobachtet, dass sich der Schwerpunkt des Vorkommens von Alpenpflanzen vom Schnebelhorn-Gebiet nach Südosten in das Gebiet um Tweralp spitz und Chrüzegg verschoben hat.

Im dritten Teil des Buches werden diese Veränderungen vor dem Hintergrund des Nutzungswandels im Gebiet und mit Blick auf Naturschutzmassnahmen betrachtet. Dabei werden bestimmte Nutzungsänderungen für den Artenrückgang verantwortlich gemacht, insbesondere das Düngen von nährstoffarmen Flächen, das Trockenlegen von Feuchtstandorten, zu hoher Viehbesatz oder dichte Aufforstungen. Darüber hinaus fehlt dem Tössbergland laut den Autoren weitgehend eine natürliche Dynamik. Besonders die Lebensraumtypen, in denen Alpenpflanzen im Tössbergland gefunden wurden, haben an Qualität und Standorteignung für Alpenpflanzen eingebüsst oder sind aus dem Gebiet ganz verschwunden.

Das Fazit der Autoren ist, dass ein Naturschutz im Tössbergland nur unter Berücksichtigung von verschiedenen Aspekten erfolgreich sein kann. Teilweise müssten wertvolle Flächen durch angemessene Nutzung oder bewusste Nicht-Nutzung erhalten werden, während auf der anderen Seite Massnahmen zur Wiederherstellung von Lebensräumen und das Schaffen einer möglichst grossen

Standortvielfalt notwendig sind. In fünf Szenarien werden verschiedene Möglichkeiten für das Tössbergland diskutiert, wobei für alle genannten Szenarien Vor- und Nachteile aufgedeckt werden.

Den vierten Teil des Buches schliesslich bildet ein umfangreicher Anhang mit tabellarischen Angaben zu den Vorkommen der 100 untersuchten Arten und Verbreitungskarten. Schliesslich wird jede Art in einem kurzen Abschnitt besprochen, und die Neufunde werden kommentiert.

Das vorliegende Werk ist eine Mischung zwischen wissenschaftlicher Literatur und Lesebuch. Manche Informationen sind für die Resultate unwichtig, aber interessant

zu lesen. Die wissenschaftlichen Inhalte sind nachvollziehbar und auch für Nicht-Wissenschaftler verständlich formuliert. Das Buch macht Lust, die Pflanzen im Tössbergland aufzustöbern, aber aus Naturschutzgründen soll gerade das nicht das Ergebnis dieser Arbeit sein! Vielmehr soll das Buch die Verantwortlichen anregen, über sinnvolle Massnahmen zum Schutz dieser besonderen Flora und ihrer Lebensräume nachzudenken und solche umzusetzen! Als Ergänzung würde ich mir zudem ein vollständiges Werk über die heutige Flora im Tössbergland wünschen!